

Reflective LCD device with low visual angle dependency and high contrast

Patent Number: ☐ US6300990
Publication date: 2001-10-09
Inventor(s): FUJITA SHINGO (JP); OGAWA TETSU (JP); MIZUNO HIROAKI (JP);
YAMAGUCHI HISANORI (JP)
Applicant(s):: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (US)
Requested Patent: ☐ JP10161110
Application
Number: US19970984260 19971203
Priority Number
(s): JP19960324944 19961205
IPC Classification: G02F1/1335
EC Classification: G02F1/1335D
Equivalents:

Abstract

A reflective liquid crystal display device of the present invention has the following construction. A transparent electrode is provided via color filter layer on a transparent substrate positioned at the upper side of the device. A metallic reflective electrode is provided on a substrate positioned at the lower side of the device. An alignment layer is provided on the transparent electrode and on the metallic reflective electrode respectively. The transparent substrate positioned at the upper side and the substrate positioned at the lower side are arranged parallel to each other with alignment films provided on the transparent electrode and on the metallic reflective electrode facing each other. A liquid crystal layer is provided between the alignment films. A scattering film is provided on a surface of the transparent substrate positioned at the upper side opposite to the surface where the transparent electrode is provided. A polymer film and a polarization film are provided in that sequential order on the scattering film. The present reflective liquid crystal display device can express a black and white display in achromatic color having bright white display and with high contrast, and has low visual angle dependency and excellent optical characteristics

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-161110

(43)公開日 平成10年(1998)6月19日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 F 1/1335

5 1 0

G 0 2 F 1/1335

5 1 0

5 0 5

5 0 5

5 2 0

5 2 0

G 0 2 B 5/30

G 0 2 B 5/30

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平8-324944

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(22)出願日

平成8年(1996)12月5日

(72)発明者 山口 久則

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 藤田 晋吾

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 水野 浩明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

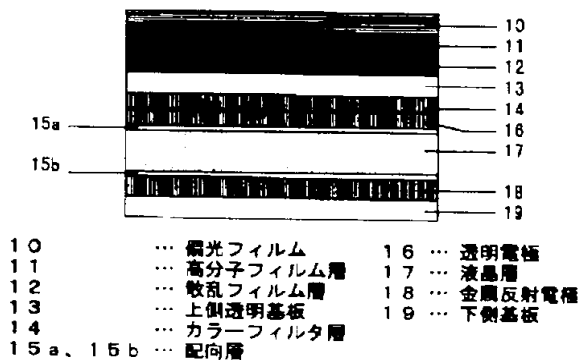
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 反射型液晶表示素子

(57)【要約】

【課題】 偏光フィルムを1枚だけ用いる構成で、明るい白、無彩色で高コントラスト表示できる白黒、および、自然な視角特性を持つ反射型液晶表示素子を得ることを目的とする。

【解決手段】 上から順に、偏光フィルム、高分子フィルム層、透明基板、カラーフィルタ層、透明電極、配向層、液晶層、配向層、鏡面反射タイプの金属反射電極、下側基板という構成に対して、高分子フィルム層と透明基板の間、または、偏光フィルムと高分子フィルム層の間に散乱フィルム層を備える。特に、液晶層として22.0°〜26.0°ツイストしたネマティック液晶層と2枚の高分子フィルムを用いた構成で、液晶や高分子フィルムを所定の関係のレータレーションとし、液晶分子や高分子フィルムの遅相軸や偏光フィルムの吸収軸を所定の配置角度とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 上側より順に、偏光フィルム、0枚または1枚もしくは複数枚よりなる高分子フィルム、1枚もしくは複数枚よりなる散乱フィルム、透明基板、カラーフィルム、透明電極、配向層、液晶層、配向層、鏡面反射タイプの金属反射電極、基板から構成されてなることを特徴とする反射型液晶表示素子。

【請求項2】 上側より順に、偏光フィルム、1枚もしくは複数枚よりなる散乱フィルム、0枚または1枚もしくは複数枚よりなる高分子フィルム、透明基板、カラーフィルム、透明電極、配向層、液晶層、配向層、鏡面反射タイプの金属反射電極、基板から構成されてなることを特徴とする反射型液晶表示素子。

【請求項3】 上側基板として内側にカラーフィルムとその上に透明電極が形成されその上に配向層が形成された透明基板を用い、下側基板として金属反射電極が形成されその上に配向層が形成された基板を用い、その一対の基板間内側にネマティック液晶を封入した液晶セルと、上記液晶セルの上側基板の外に配置された2枚の高分子フィルムと、上記高分子フィルムの外側に配置された偏光フィルムとからなり、上記ネマティック液晶のツイスト角度を $20.0^\circ \sim 26.0^\circ$ とし、上記ネマティック液晶の複屈折 Δn_{LC} と液晶層厚 d_{LC} の積 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、上記2枚の高分子フィルムを液晶セルに近い側から1、2と番号付けたときの各フィルムの面内の異常屈折率を $n_x(i)$ ($i=1,2$)、常屈折率を $n_y(i)$ ($i=1,2$)、フィルム厚を $d_{FILM}(i)$ ($i=1,2$)としたときのフィルムのレターデーション $R_{FILM}(i) = (n_x(i) - n_y(i)) \cdot d_{FILM}(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義される複屈折差 $\Delta(R) = (R_{FILM}(1) + R_{FILM}(2)) - \Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ が $0.4 \mu m \sim 0.5 \mu m$ を満たしており、かつ、上側基板側から見て、液晶のツイスト方向を正として水平方向を基準として角度を測定し、上側透明基板上の液晶分子の方向を ϕ_{LC} 、液晶セル側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F1} 、上側偏光フィルム側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F2} 、上側偏光フィルムの吸収軸方向を ϕ_P としたときに、 $\phi_{F1} - \phi_{F2}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F1} - \phi_{F2}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_P - \phi_{F2}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たしていることを特徴とする反射型液晶表示素子。

【請求項4】 上側基板として内側にカラーフィルムとその上に透明電極が形成されその上に配向層が形成された透明基板を用い、上側基板として金属反射電極が形成されその上に配向層が形成された基板を用い、その一対の基板間内側にネマティック液晶を封入した液晶セルと、上記液晶セルの上側基板の外に配置された2枚の高分子フィルムと、上記高分子フィルムの外側に配置された偏光

フィルムとからなり、上記ネマティック液晶のツイスト角度を $20.0^\circ \sim 26.0^\circ$ とし、上記ネマティック液晶の複屈折 Δn_{LC} と液晶層厚 d_{LC} の積 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、上記2枚の高分子フィルムを液晶セルに近い側から1、2と番号付けたときの各フィルムの面内の異常屈折率を $n_x(i)$ ($i=1,2$)、常屈折率を $n_y(i)$ ($i=1,2$)、フィルム厚を $d_{FILM}(i)$ ($i=1,2$)としたときのフィルムのレターデーション $R_{FILM}(i) = (n_x(i) - n_y(i)) \cdot d_{FILM}(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義される複屈折差 $\Delta(R) = (R_{FILM}(1) + R_{FILM}(2)) - \Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ が $0.4 \mu m \sim 0.5 \mu m$ を満たしており、かつ、上側基板側から見て、液晶のツイスト方向を正として水平方向を基準として角度を測定し、上側透明基板上の液晶分子の方向を ϕ_{LC} 、液晶セル側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F1} 、上側偏光フィルム側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F2} 、上側偏光フィルムの吸収軸方向を ϕ_P としたときに、 $\phi_{F1} - \phi_{F2}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F1} - \phi_{F2}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_P - \phi_{F2}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たしていることを特徴とする反射型液晶表示素子。

【請求項5】 上側基板として内側にカラーフィルムとその上に透明電極が形成されその上に配向層が形成された透明基板を用い、下側基板として金属反射電極が形成されその上に配向層が形成された基板を用い、その一対の基板間内側にネマティック液晶を封入した液晶セルと、上記液晶セルの上側基板の外に配置された2枚の高分子フィルムと、上記高分子フィルムの外側に配置された偏光フィルムとからなり、上記ネマティック液晶のツイスト角度を $20.0^\circ \sim 26.0^\circ$ とし、上記ネマティック液晶の複屈折 Δn_{LC} と液晶層厚 d_{LC} の積 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、上記2枚の高分子フィルムを液晶セルに近い側から1、2と番号付けたときの各フィルムの面内の異常屈折率を $n_x(i)$ ($i=1,2$)、常屈折率を $n_y(i)$ ($i=1,2$)、フィルム厚を $d_{FILM}(i)$ ($i=1,2$)としたときのフィルムのレターデーション $R_{FILM}(i) = (n_x(i) - n_y(i)) \cdot d_{FILM}(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義される複屈折差 $\Delta(R) = (R_{FILM}(1) + R_{FILM}(2)) - \Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ が $0.4 \mu m \sim 0.5 \mu m$ を満たしており、かつ、上側基板側から見て、液晶のツイスト方向を正として水平方向を基準として角度を測定し、上側透明基板上の液晶分子の方向を ϕ_{LC} 、液晶セル側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F1} 、上側偏光フィルム側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F2} 、上側偏光フィルムの吸収軸方向を ϕ_P としたときに、 $\phi_{F1} - \phi_{F2}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F1} - \phi_{F2}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_P - \phi_{F2}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たしていることを特徴とする反射型液晶表示素子。

【請求項6】 上側基板として内側にカラーフィルタと
その上に透明電極が形成されその上に配向層が形成され
た透明基板を用い、下側基板として金属反射電極が形成
されその上に配向層が形成された基板を用い、その一對
の基板を内側が配向層となるように対向させ、その一對
の基板間にネマティック液晶を封入した液晶セルと、上
記液晶セルの上側基板の外に配置された2枚の高分子フ
ィルムと、上記高分子フィルムの外側に配置された偏光
フィルムとからなり、上記ネマティック液晶のツイスト
角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、上記ネマティック液晶
の複屈折 Δn_{11} と液晶層厚 d_{11} の積 $\Delta n_{11} \cdot d_{11}$ を $0.1 \sim 1$
 μm とし、上記2枚の高分子フィルムを液晶
セルに近い側から1、2と番号付けたときの各フィルムの
面内の異常屈折率を $n_{11}(i)$ ($i=1,2$) 常屈折率を $n_{12}(i)$
 ($i=1,2$) フィルム厚を $d_{11}(i)$ ($i=1,2$)としたとき
のフィルムのレターデーション $R_{F11}(i) = (n_{11}(i) - n_{12}(i)) \cdot d_{11}(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義される複屈折
率 $\Delta(R) = (R_{F11}(1) + R_{F11}(2)) - \Delta n_{11} \cdot d_{11}$ が
 $0.05 \mu m \sim 0.15 \mu m$ を満たしており、かつ、上
側基板側から見て、液晶のツイスト方向を正として水平
方向を基準として角度を測定し、上側透明基板上の液晶
分子の方向を ϕ_{11} 、液晶セル側の高分子フィルムの遅相
軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{12} 、上側偏光フ
ィルム側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常
屈折率の方向を ϕ_{13} 、上側偏光フィルムの吸収軸方向を
 ϕ_{14} としたときに、 $\phi_{12} - \phi_{13}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満た
し、 $\phi_{12} - \phi_{14}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{13} - \phi_{14}$
が $60^\circ \pm 20^\circ$ を満たしていることを特徴とする反
射型液晶表示素子。

【請求項7】 上側基板として内側にカラーフィルタと
その上に透明電極が形成されその上に配向層が形成され
た透明基板を用い、下側基板として金属反射電極が形成
されその上に配向層が形成された基板を用い、その一對
の基板を内側が配向層となるように対向させ、その一對
の基板間にネマティック液晶を封入した液晶セルと、上
記液晶セルの上側基板の外に配置された2枚の高分子フ
ィルムと、上記高分子フィルムの外側に配置された偏光
フィルムとからなり、上記ネマティック液晶のツイスト
角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、上記ネマティック液晶
の複屈折 Δn_{11} と液晶層厚 d_{11} の積 $\Delta n_{11} \cdot d_{11}$ を $0.1 \sim 1$
 μm とし、上記2枚の高分子フィルムを液晶
セルに近い側から1、2と番号付けたときの各フィルムの
面内の異常屈折率を $n_{11}(i)$ ($i=1,2$) 常屈折率を $n_{12}(i)$
 ($i=1,2$) フィルム厚を $d_{11}(i)$ ($i=1,2$)としたとき
のフィルムのレターデーション $R_{F11}(i) = (n_{11}(i) - n_{12}(i)) \cdot d_{11}(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義される複屈折
率 $\Delta(R) = (R_{F11}(1) + R_{F11}(2)) - \Delta n_{11} \cdot d_{11}$ が
 $0.3 \mu m \sim 0.4 \mu m$ を満たしており、かつ、上側基
板側から見て、液晶のツイスト方向を正として水平方向
を基準として角度を測定し、上側透明基板上の液晶分子

の方向を ϕ_{11} 、液晶セル側の高分子フィルムの遅相軸の
方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{12} 、上側偏光フ
ィルム側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈
折率の方向を ϕ_{13} 、上側偏光フィルムの吸収軸方向を ϕ_{14}
としたときに、 $\phi_{12} - \phi_{13}$ が $110^\circ \pm 20^\circ$ を満た
し、 $\phi_{12} - \phi_{14}$ が $60^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{13} - \phi_{14}$
が $45^\circ \pm 20^\circ \pm 20^\circ$ を満たしていることを
特徴とする反射型液晶表示素子。

【請求項8】 ネマティック液晶のツイスト角度が $240^\circ \sim 260^\circ$ を満たし、 $\Delta n_{11} \cdot d_{11}$ が $0.8 \sim 1.1$
 μm を満たしていることを特徴とする請求項1、2、
3、4、5、6または7のいずれかに記載の反射型液晶
表示素子。

【請求項9】 $R_{F11}(1)$ が $0.3 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を
満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満た
していることを特徴とする請求項1、2、3または8のい
ずれかに記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項10】 $R_{F11}(1)$ が $0.75 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を
満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満
たしていることを特徴とする請求項1、2、4または8
のいずれかに記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項11】 $R_{F11}(1)$ が $0.3 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を
満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.75 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満
たしていることを特徴とする請求項1、2、5または8
のいずれかに記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項12】 $R_{F11}(1)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を
満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満
たしていることを特徴とする請求項1、2、6または8の
いずれかに記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項13】 $R_{F11}(1)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を
満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.7 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満
たしていることを特徴とする請求項1、2、7または8の
いずれかに記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項14】 高分子フィルムが、ポリカーボネー
ト、ポリアリレートまたはポリスルフォンであることを
特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、
9、10、11、12または13のいずれかに記載の反
射型液晶表示素子。

【請求項15】 高分子フィルムを液晶セルに近い側か
ら1、2と番号付けたとき、各フィルム面に垂直な方向
の屈折率 $n_z(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義されるZ係数 Q_z
 ($i=1,2$)が $0.3 \sim 0.7$ を満たしていることを特徴とす
る請求項3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、
13または14のいずれかに記載の反射型液晶表示
素子。

【請求項16】 $Q_z(2)$ が $0.3 \sim 0.7$ を満たして
いることを特徴とする請求項15記載の反射型液晶表示
素子。

【請求項17】 $Q_z(1)$ が $0.3 \sim 0.7$ を満たしてい

ることを特徴とする請求項15または16記載の反射型液晶表示素子。

【請求項18】 金属反射電極がアルミニウムまたは銀を構成要素として含んでおり、かつ鏡面反射タイプであることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16または17のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【請求項19】 高分子フィルムと液晶セルの間に1枚もしくは複数枚の散乱フィルムを積層していることを特徴とする請求項3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17または18のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【請求項20】 偏光フィルムと高分子フィルムの間に1枚もしくは複数枚の散乱フィルムを積層していることを特徴とする請求項3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、または18のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【請求項21】 散乱フィルムが前方散乱タイプであることを特徴とする請求項1、2、19または20のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【請求項22】 前方散乱フィルムの散乱範囲がフィルム法線方向に対して非対称であることを特徴とする請求項1、2、19、20または21のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【請求項23】 複数枚積層した散乱フィルムを用い、各フィルムの前方散乱範囲を示す角度の二等分線方向のフィルム面への射影方向が、すべて異なる方向であることを特徴とする請求項22記載の反射型カラー液晶表示素子。

【請求項24】 2枚もしくは3枚もしくは4枚積層した散乱フィルムを用い、各フィルムの前方散乱範囲を示す角度の二等分線方向のフィルム面への射影方向が互いに直交しているか、または、反平行方向であることを特徴とする請求項22記載の反射型液晶表示素子。

【請求項25】 金属反射電極が拡散反射タイプ、または、鏡面金属反射電極の上に散乱膜を積層したタイプであることを特徴とする請求項3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16または17のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【請求項26】 下側基板として透明基板を用い、下側基板の上に反射電極ではなく透明電極を形成し、下側基板の外側にアルミニウムまたは銀を構成要素として含む拡散反射板を備えたことを特徴とする請求項3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16または17のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【請求項27】 下側基板の外側に備える拡散反射板と液晶セルの間に空気層が存在していることを特徴とする請求項26記載の反射型液晶表示素子。

【請求項28】 カラーフィルタ、あるいは、カラーフィルタ層を除いた白黒表示モードであることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26または27のいずれかに記載の反射型液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、明るくてコントラストの高い、反射型液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示素子は、薄く、軽いため、携帯型の情報端末のディスプレイをはじめとして様々な用途に広く用いられている。液晶表示素子は、白は発光せずに、光の透過強度を変化させて表示を行う受光型素子であり、数ボルトの実効電圧で駆動できるため、液晶表示素子の下側に反射板を備えて外部光の反射光で表示を見る反射型として用いられ、極めて消費電力の低い表示素子となる。

【0003】従来の反射型のカラー液晶表示素子は、カラーフィルタを備えた液晶セルとこの液晶セルを挟んで配置された一対の偏光フィルムからなっている。カラーフィルタは上記液晶セルの一方の基板に設けられており、基板上にカラーフィルタとさらにその上に透明電極が形成される。この液晶セルに電圧を印加することで液晶分子の配向状態を変化させて各カラーフィルタごとの光の透過率を変化させカラー表示を行っている。

【0004】1枚の偏光フィルムの透過率は、全体でせいぜい45%程度であり、このとき偏光フィルムの吸収軸に平行な偏光成分の透過率はほぼ0%で、垂直な偏光成分の透過率はほぼ90%である。従って、偏光フィルムを2枚用いる反射型の液晶表示素子では、全体の光のうち上記垂直な偏光成分から50%として、光が偏光フィルムを4回通って出射するため、カラーフィルタの吸収を考えないとき、

$$(0.9)^4 \times 50\% = 32.8\%$$

となり、反射率は白黒パイルでも約33%で頭打ちとなる。

【0005】そこで、表示を明るくするために、偏光フィルムを液晶セルの上側の1枚だけにして、液晶セルを1枚の偏光フィルムと反射板で挟む構成がいくつか提案されている。(例えば、特許公開公報「平7-145469」、特許公開公報「F07-841532」)この場合、偏光フィルムを2回しか通らないので、カラーフィルタの吸収を考えないとき、

$$(0.9)^2 \times 50\% = 40.5\%$$

となり、最大で、偏光フィルム2枚用いた構成に対して約2.8～5%の反射率の向上が期待できる。

【0006】また、カラーフィルタを用いずに液晶セルのライト配向したイマティック液晶層の複屈折と偏光

フィルムによって着色表示を行う反射型カラー液晶表示装置(特許公開公報:平06-308481)や、液晶層と位相差フィルムの複屈折を利用するカラー液晶表示装置(特許公開公報:平06-175125、特許公開公報:平06-301006)が提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】偏光フィルムを2枚用いる反射型液晶表示素子で、カラーフィルタを用いてカラー表示を行う場合、十分な明るさを得られるだけの反射率を確保できないという課題を有していた。また、偏光フィルムを1枚にした反射型液晶表示素子で、カラーフィルタを用いてカラー表示を行い反射率を高くして明るさを確保するものであって、従来の構成では、白黒の無彩色表示が困難、特に、反射率が低くて無彩色な黒の表示が困難であり、さらに、光の入射方向や観察者の見る方向に対する反射率や明るさの依存性、即ち、光学特性の視角依存性が大きいという課題を有していた。1枚偏光フィルム構成の反射型液晶表示素子で視角依存性が大きいと、視角が狭いということにとどまらない。即ち、特に黒輝度が光の入射方向の変化で大きく浮いてくると、光の入射方向の制御が透過型に比べて難しい反射型の場合、結果として光学特性を大きく損ねてしまうという課題に結びついていた。

【0008】また、カラーフィルタを用いずに液晶セルのツイスト配向したネマティック液晶層の複屈折と偏光フィルムによって着色表示を行う反射型液晶表示素子や、液晶層と位相差フィルムの複屈折を利用するカラー液晶表示素子では、カラーフィルタがないため、2枚の偏光フィルムを用いても実用的な明るさを得られるだけの反射率を確保することできるものの、複屈折の着色を用いたカラー表示であるため、16階調1096色表示などの多階調・多色表示が原理的に難しく、また、色純度・色再現範囲も狭いという課題を有していた。

【0009】また、白黒表示モードでの反射型液晶表示素子も、偏光フィルムを2枚用いる構成では、高い白の反射率がとれないという課題を有していた。本発明では、白表示が明るく、高いコントラストのとれる無彩色の白黒表示が可能で、視角依存性の少なく光学特性の良好な反射型液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の反射型液晶表示素子は以下に述べる構成を備える。上側より順に、偏光フィルム、0枚または1枚もしくは複数枚よりなる高分子フィルム、1枚もしくは複数枚よりなる散乱フィルム、透明基板、カラーフィルタ、透明電極、配向層、液晶層、配向層、鏡面反射タイプ金属反射電極、基板、という構成。または、上側より、偏光フィルム、1枚もしくは複数枚よりなる散乱フィルム、0枚または1枚もしくは複数枚よりなる高分子フィルム、透明基板、カラーフィルタ、透明電極、配向

層、液晶層、配向層、鏡面反射タイプの金属反射電極、基板、という構成とするものである。

【0011】こうすることにより、散乱フィルムで、視角依存性が小さくなり、かつ外部光を幅広く集めることができて明るくすることができる。また、散乱フィルムを液晶セルに近いところに備えることで、パネル視率に基づく画像ぼけを防ぐことができる。また、上側基板として内側にカラーフィルタとその上に透明電極が形成されその上に配向層が形成された透明基板を用い、下側基板として金属反射電極が形成されその上に配向層が形成された基板を用い、その一対の基板間のネマティック液晶を封入した液晶セルと、上記液晶セルの上側基板の外に配置された2枚の高分子フィルムと、上記高分子フィルムの外側に配置された偏光フィルムとを組み合わせ、上記ネマティック液晶のツイスト角度を $\pm 20^\circ \sim \pm 60^\circ$ とし、上記ネマティック液晶の複屈折 Δn_{xy} と液晶層厚 d_{xy} の積 $\Delta n_{xy} \cdot d_{xy}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、上記2枚の高分子フィルムを液晶セルに近い側から1、2と番号付けたときの各フィルムの面内の異常屈折率を $n_x(i)$ ($i=1,2$)、常屈折率を $n_y(i)$ ($i=1,2$)、フィルム厚を $d_{pi}(i)$ ($i=1,2$)としたときのフィルムのレイターション $R_{pi}(i) = (n_x(i) - n_y(i)) \cdot d_{pi}(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義される複屈折差 $\Delta(R) = R_{pi}(i)(1) + R_{pi}(i)(2) = \Delta n_{xy} \cdot d_{xy}$ が $-0.1 \mu m \sim -0.2 \mu m$ を満たしており、さらには、上側基板側から見て、液晶のツイスト方向を正として水平方向を基準として角度を測定し、上側透明基板上の液晶分子の方向を ϕ_1 、液晶セル側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_2 、上側偏光フィルム側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_3 、上側偏光フィルムの吸収軸方向を ϕ_4 としたときに、 $\phi_1 - \phi_2$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_1 - \phi_3$ が $15^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_2 - \phi_3$ が $-45^\circ \pm 20^\circ$ を満たしている構成をとるものである。そして、特に、 $R_{pi}(i)(1)$ が $0.3 \mu m \sim 0.1 \mu m$ を満たし、 $R_{pi}(i)(2)$ が $0.5 \mu m \sim 0.1 \mu m$ を満たしている構成をとることが望ましい。

【0012】また、ネマティック液晶のツイスト角度を $\pm 20^\circ \sim \pm 60^\circ$ とし、 $\Delta n_{xy} \cdot d_{xy}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.4 \mu m \sim 0.5 \mu m$ を満たしており、さらには、 $\phi_1 - \phi_2$ が $70^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_2 - \phi_3$ が $0^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_3 - \phi_4$ が $-20^\circ \pm 20^\circ$ を満たしている構成をとるものである。そして、特に、 $R_{pi}(i)(1)$ が $0.75 \mu m \sim 0.1 \mu m$ を満たし、 $R_{pi}(i)(2)$ が $0.6 \mu m \sim 0.1 \mu m$ を満たしている構成をとることが望ましい。

【0013】また、ネマティック液晶のツイスト角度を $\pm 20^\circ \sim \pm 60^\circ$ とし、 $\Delta n_{xy} \cdot d_{xy}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.15 \mu m \sim 0.3 \mu m$ を満た

しており、さらには、 $\phi_{F2}-\phi_{F1}$ が $145^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F2}-\phi_{F1}$ が $120^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F1}-\phi_{F2}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たしている構成をとるものである。そして、特に、 $R_{F11}(1)$ が $0.3\mu m \pm 0.1\mu m$ を満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.7\mu m \pm 0.1\mu m$ を満たしている構成をとることが望ましい。

【0014】また、ネマティック液晶のツイスト角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、 $\Delta n_{12}-d_{12}$ を $0.6 \sim 1.2\mu m$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.05\mu m \sim 0.15\mu m$ を満たしており、さらには、 $\phi_{F2}-\phi_{F1}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F2}-\phi_{F1}$ が $45^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F1}-\phi_{F2}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たしている構成をとるものである。そして、特に、 $R_{F11}(1)$ が $0.6\mu m \pm 0.1\mu m$ を満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.5\mu m \pm 0.1\mu m$ を満たしている構成をとることが望ましい。

【0015】また、ネマティック液晶のツイスト角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、 $\Delta n_{12}-d_{12}$ を $0.6 \sim 1.2\mu m$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.3\mu m \sim 0.4\mu m$ を満たしており、さらには、 $\phi_{F2}-\phi_{F1}$ が $110^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F2}-\phi_{F1}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{F1}-\phi_{F2}$ が $145^\circ \pm 20^\circ$ を満たしている構成をとるものである。そして、特に、 $R_{F11}(1)$ が $0.5\mu m \pm 0.1\mu m$ を満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.7\mu m \pm 0.1\mu m$ を満たしている構成をとることが望ましい。

【0016】以上の構成で、特に、ネマティック液晶のツイスト角度が $240^\circ \sim 260^\circ$ を満たし、 $\Delta n_{12}-d_{12}$ が $0.8 \sim 1.1\mu m$ を満たしていることが望ましい。このような、液晶のツイスト角、液晶や高分子フィルムのレータレーションや角度構成をとることで、十分に反射率の低い無彩色な黒表示および反射率の高い無彩色な白表示を得て、コントラストの高い反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0017】以上における高分子フィルムとしては、特に、ポリカーボネート、ポリアリレートまたはポリスルフォンを用いることができる。また、高分子フィルムを液晶セルに近い側から1、2と番号付けたとき、各フィルム面に垂直な方向の屈折率 $n_z(i)$ ($i=1, 2$)を用いて定義される係数 $Q_z(i) = (n_z(i) - n_x(i)) / (n_x(i) - n_y(i))$ に対して、 $Q_z(2)$ が $0 \sim 1.0$ を満たしていることで、視角依存性の少ない反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0018】そして、特に、 $Q_z(2)$ が $0.3 \sim 0.7$ を満たしていることが望ましく、更には、 $Q_z(1)$ が $0.3 \sim 0.7$ を満たしていることが望ましい。散乱フィルムを備えた構成では、金属反射電極がアルミニウムまたは銀を構成要素として含んでおり、かつ、鏡面反射タイプとすることで、液晶の配向が乱れて特性劣化を生じることなく、視角依存性の少ない自然な視角を有する反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0019】その散乱フィルムとしては、高分子フィルムと液晶セルの間に1枚もしくは複数枚の散乱フィルムを積層しているか、あるいは、偏光フィルムと高分子フィルムの間に1枚もしくは複数枚の散乱フィルムを積層している構成が望ましい。また、その散乱フィルムとしては前方散乱タイプを用いる方が良く、その前方散乱フィルムの散乱範囲がフィルム法線方向に対して非対称である方が、外部光を効率的に集光し、かつ、正面の反射率特性やコントラスト特性が良好となり望ましい。

【0020】そして、その複数枚積層した各散乱フィルムの前方散乱範囲を示す角度の二等分線方向のフィルム面への射影方向が、すべて異なる方向であれば、より多くの方位において自然な視角特性が得られて望ましい。特に、2枚もしくは3枚もしくは4枚積層した前方散乱フィルムを用いて、前方散乱範囲を示す角度の二等分線方向のフィルム面への射影方向が互いに直交しているか、または、反平行方向であれば、自然な視角特性が得られる。

【0021】散乱フィルムを用いない構成では、金属反射電極が拡散反射タイプ、または、鏡面金属反射電極の上に散乱膜を積層したタイプとすることで、自然な視角特性を持つ反射型液晶表示素子を得ることができる。また、同様に、下側基板として透明基板を用い、上側基板の上に反射電極ではなく透明電極を形成し、下側基板の外側にアルミニウムまたは銀を構成要素として含む拡散反射板を備えた構成をとることができる。

【0022】その場合、特に、下側基板の外側に備える拡散反射板と液晶セルの間に空気層が存在していれば、拡散効果が大きく、望ましい。また、上記述べたすべての構成において、カラーフィルタ層を備えた構成、あるいは、カラーフィルタ層を除いた構成にすることができる。このとき、極めて高い白表示の反射率を得ることができ、明るい白黒表示モードの反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

（実施の形態1）図1は第1の実施の形態の反射型液晶表示素子の断面図である。10は偏光フィルム、11は高分子フィルム層、12は散乱フィルム層、13は上側透明基板、14はカラーフィルタ層、15a、15bは配向層、16は透明電極、17は液晶層、18は金属反射電極、19は下側基板を示す。

【0024】上側透明基板13および下側基板19として無アルカリのガラス基板を用い、上側透明基板13上に、カラーフィルタ層14として顔料分散タイプで赤、緑、青のストライプ配列のものをフォトリソグラフィで形成し、その上に、透明電極16としてインジウム錫-オキシライド画素電極を形成した。各画素電極16は、上側透明基板13上に形成した薄膜10、11、12、13、14、15a、15b、16、17、18、19の積層構造を有する。

(TFT)でアクティブ駆動するようにした。また、下側基板19上には、チタンを300nm蒸着した上にアルミニウムを200nm蒸着したものを形成することで鏡面反射タイプの金属反射電極18を形成した。

【0025】透明電極16および金属反射電極18上には、ポリイミドのγ-ブチロラクトンの5wt%溶液を印刷し、200℃で硬化したのち、ラビング方向が互いに反平行になるようにレーヨン布を用いた回転ラビング法による配向処理を行うことで配向層15a、15bを形成した。そして、上側透明基板13上の周辺部には径が5.7mmのガラスファイバーを1.0wt%混入した熱硬化性シール樹脂を印刷し、下側基板19上には径が4.5mmの樹脂ビーズを200個/mm²の割合で散布し、上側透明基板13と下側基板19を互いに貼り合わせ、150℃でシール樹脂を硬化した後、 $\Delta n_{\text{eff}} = 0.09$ のフッ素エステル系イマダネック液晶を真空注入し、紫外線硬化性樹脂で封入した後、紫外線光により硬化した。

【0026】こうして形成された液晶セルの上側透明基板13の上には、散乱フィルム層12として、前方散乱フィルムで散乱方向がフィルム法線から測って0度から50度のものを、その散乱角度の二等分線のフィルムへの射影方向と上側透明基板13側のラビング方向とが一致するように貼付した。その上に、高分子フィルム層11として、レーティションが385nmでZ係数が0.5のポリカーボネートを選択軸が上側透明基板13のラビング方向と直交するように貼付し、さらに、偏光フィルム10としてニュートラルグレーの偏光フィルムにアンチグレア(AG)処理とアンチリフレクション(処理)を施したものを、吸収軸の方向が上側透明基板13側のラビング方向と15度の角度をなすように貼付した。

【0027】以上の構成で、電圧無印加時に黒表示となるノーマリーブラックモードのTFT駆動の反射カラー液晶表示素子が得られた。これにより、鏡面反射タイプの金属反射電極18を用いながら、前方散乱フィルム12によって外部光の集光効率を大きくすることができ、しかも、視角特性が自然な反射カラー液晶表示素子を得ることができ、正面特性で、コントラスト12.5、白のY値換算での反射率15.3%が得られた。

【0028】また、以上の構成で、カラーフィルム層14を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト12.8、白のY値換算での反射率32.3%が得られた。また、散乱フィルム12を偏光フィルム10の上に設置した構成と比較してみると、元々特性は変わらないものの、散乱フィルム層12を上側透明基板13と高分子フィルム層11の間に設置した本発明の構成の方が、観察者の視角変化や外部光の入射方向の変化に伴って生じる視差による画像歪みが少なくなったことが確認できた。これは、散乱フィルムが

液晶セルに近い方が視差を減らすことができることによる。

【0029】なお、本実施の形態では、液晶セルとしてTFTで駆動するオモジニアア配向の電界効果複屈折モードを用いたが、このモードに限定されるものではなく、1枚の偏光フィルムを用いた反射型で表示可能な液晶セルであれば、ここで用いた構成と同様な効果を得ることができる。また、反射電極もアルミニウムを用いたが、銀を構成要素として含む金属反射電極など、鏡面反射タイプの金属反射電極であれば、同様の効果を得ることができる。

【0030】本実施の形態の図1は第2の実施の形態の反射型液晶表示素子の断面図である。この偏光フィルム21は高分子フィルム層22は散乱フィルム層23は上側透明基板24はカラーフィルム層25a、25bは配向層26は透明電極27は液晶層28は金属反射電極29は下側基板を示す。

【0031】上側透明基板23および下側基板21として無アルカリのガラス基板を用い、上側透明基板23上には、カラーフィルム層24として顔料分散タイプで赤、緑、青のストライプ配列のものをフォトリソグラフィーで形成し、その上に、透明電極27としてインジウム・錫・オキサイドで画素電極を形成した。各画素電極27は、上側透明基板23上に形成した薄膜トランジスタ(TFT)でアクティブ駆動するようにした。また、下側基板21上には、チタンを300nm蒸着した上にアルミニウムを200nm蒸着したものを形成することで鏡面反射タイプの金属反射電極28を形成した。

【0032】透明電極27および金属反射電極28上には、ポリイミドのγ-ブチロラクトンの5wt%溶液を印刷し、200℃で硬化したのち、ラビング方向が互いに反平行になるようにレーヨン布を用いた回転ラビング法による配向処理を行うことで配向層25a、25bを形成した。そして、上側透明基板23上の周辺部には径が5.7mmのガラスファイバーを1.0wt%混入した熱硬化性シール樹脂を印刷し、下側基板21上には径が4.5mmの樹脂ビーズを200個/mm²の割合で散布し、上側透明基板23と下側基板21を互いに貼り合わせ、150℃でシール樹脂を硬化した後、 $\Delta n_{\text{eff}} = 0.09$ のフッ素エステル系イマダネック液晶を真空注入し、紫外線硬化性樹脂で封入した後、紫外線光により硬化した。

【0033】こうして形成された液晶セルの上側透明基板23の上には、高分子フィルム層22として、レーティションが385nmでZ係数が0.5のポリカーボネートを選択軸が上側透明基板23のラビング方向と直交するように貼付した。その上に、散乱フィルム層22として、前方散乱フィルムで散乱方向がフィルム法線から測って0度から50度のものを、その散乱角度の二等分線のフィルムへの射影方向と上側透明基板23側の

ラビング方向とが一致するように貼付した。そしてその上に、偏光フィルム20としてニュートラルグレーの偏光フィルムにアンチグレア(AG)処理とアンチリフレクション(処理)を施したものを、吸収軸の方向が上側透明基板23側のラビング方向と45度の角度をなすように貼付した。

【0034】以上の構成で、電圧無印加時に黒表示となるスーパーブラックモードのTFT駆動の反射カラー液晶表示素子が得られた。これにより、鏡面反射タイプの全周反射電極28を用いながら、前方散乱フィルム22によって外部光の集光効率を大きくすることができ、しかも、視角特性の自然な反射カラー液晶表示素子を得ることができ、正面特性で、コントラスト12.7、白のY値換算での反射率15.5%が得られた。

【0035】また、以上の構成で、カラーフィルタ層24を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト12.7、白のY値換算での反射率32.2%が得られた。

【0036】また、散乱フィルム層22を偏光フィルム22aの上に設置した構成と比較してみると、光学特性は変わらないものの、散乱フィルム層22を偏光フィルム22aと高分子フィルム層11の間に設置した本発明の構成の方が、観察者の視角変化や外部光の入射方向の変化に伴って生じる現象による画像ボケが少なくなったことが確認できた。これは、散乱フィルムが液晶セルに近い方が現象を減らすことができることによる。

【0037】なお、本実施の形態では、液晶セルとして111で駆動するホモジニアス配向の電界効果複屈折モードを用いたが、このモードに限定されるものではなく、1枚の偏光フィルムを用いた反射型で表示可能な液晶セルであれば、ここで用いた構成で同様な効果を得ることができる。また、反射電極もアルミニウムを用いたが、銀を構成要素として含む全周反射電極など、鏡面反射タイプの全周反射電極であれば、同様の効果を得ることができる。

【0038】(実施の形態3)図3は第3の実施の形態の反射型液晶表示素子の断面図である。30は偏光フィルム、31aは高分子フィルム(2)、31bは高分子フィルム(1)、32は散乱フィルム層、33は上側透明基板、34はカラーフィルタ層、35a、35bは配向層、36は透明電極、37は液晶層、38は全周反射電極、39は下側基板を示す。

【0039】図4は第3の実施の形態の反射型液晶表示素子の光学構成図である。40は基準線、41は上側基板上の液晶分子の配向方向、42は上側透明基板上の液晶分子の配向方向、43は液晶セル側の高分子フィルム(1)の遅相軸方向、44は偏光フィルム側の高分子フィルム(2)の遅相軸方向、45は上側偏光フィルムの吸収軸方向を示す。また、 ϕ_{11} は下側基板39上の液晶分子の配向方向41の、 ϕ_{12} は上側透明基板33上の液晶

分子の配向方向42の、 ϕ_{21} は高分子フィルム(1)31bの遅相軸方向43の、 ϕ_{22} は高分子フィルム(2)31aの遅相軸方向44の、 ϕ_{23} は偏光フィルム30の吸収軸方向45の、それぞれ液晶のツイスト方向を正として基準線40から測った角度を示す。また、 θ_{11} は液晶のツイスト方向とツイスト角を示す。

【0040】上側透明基板33および下側基板34としてガラス基板を用い、上側透明基板33上に、カラーフィルタ層34として顔料分散タイプで赤、緑、青のストライプ配列のものをフォトリソグラフィで形成し、その上に、透明電極36としてインジウム・錫・オキサイドで面率電極を形成した。また、下側基板39上には、チタンを300nm蒸着した上に銀を200nm蒸着したものを形成することで鏡面反射タイプの全周反射電極38を形成した。

【0041】透明電極36および全周反射電極38上には、ポリイミドのN-メチル-2-ピロリジンの5wt%希釈液を印刷し、200℃で硬化したのち、所定のツイスト角を実現するようにレーヨン布を用いた回転ラビング法による配向処理を行うことで配向層35a、35bを形成した。そして、上側透明基板33上の周辺部には所定の径のガラスファイバーを10wt%混入した熱硬化性シール樹脂を印刷し、下側基板39上には所定の径の樹脂ビーズを200個/mm²の割合で散布し、上側透明基板33と下側基板39を互いに貼り合わせ、150℃でシール樹脂を硬化した後、 $\Delta n = 0.1$ 以上のエステル系ネマティック液晶に所定の量のカイラル液晶を混ぜた液晶を真空注入し、紫外線硬化性樹脂で封止した後、紫外線光により硬化した。

【0042】こうして形成された液晶セルの上側透明基板33の上に、散乱フィルム層32として、前方散乱フィルムで散乱方向がフィルム法線から測って、度から50度のものを、その散乱角度の二等分線のフィルムへの射影方向と基準線40とが直交するように貼付した。その上に、高分子フィルム(1)31bと高分子フィルム(2)31aとしてポリカーボネートを遅相軸がそれぞれ所定の角度となるように貼付し、さらに、偏光フィルム30としてニュートラルグレーの偏光フィルムにアンチグレア(AG)処理を施したものを、吸収軸の方向が所定の角度をなすように貼付した。

【0043】 $\phi_{11} = 3.5^\circ$ 、 $\phi_{12} = 3.5^\circ$ 、 $\phi_{21} = 25.0^\circ$ 、 $\phi_{22} = 12.5^\circ$ 、 $\phi_{23} = 7.0^\circ$ 、 $\theta_{11} = 12.5^\circ$ とし、 $\Delta(R) = (R_{1111}(1) + R_{1111}(2)) - \Delta n_{11} \cdot d_{11}$ を0.15mmを満たすようにしながら、 $\Delta n_{11} \cdot d_{11}$ を変化させて反射モードで光学特性を測定すると、0.15mm< d_{11} <2.5mmの範囲で、反射率が低く、無彩色の黒と反射率が高くて無彩色の白を得ることができるスーパーブラックモードの反射型液晶表示素子が実現できた。これは、白と黒が充分とれるだけの液晶の複屈折率があって、なにか、液晶の複屈折による色

付きを補償できる範囲であることによる。

【0044】また、 $\Delta(R)$ を $-0.1\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ を満たしているとき、黒表示から白表示へと電圧を印加していったとき、表示の色が実用上で無彩色の範囲内で変化することが確認できた。これは、 $\Delta(R)$ を $-0.1\mu\text{m}\sim 0.2\mu\text{m}$ とし、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}$ を $90^\circ\pm 20^\circ$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}$ を $45^\circ\pm 20^\circ$ にすることで、白から黒への変化の間、特に、オフ電圧印加時の黒表示のときの液晶層の複屈折による着色を解消できることによる。これにより、反射率の低い無彩色の黒表示と反射率の高い無彩色の白表示のコントラストの高い反射型液晶表示素子を実現できる。

【0045】また、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}$ を $-45^\circ\pm 20^\circ$ としているので、複屈折を最大の効率に近いところで用いることができ、光利用率を高くすることができている。液晶のツイスト角は、単純マトリクスで駆動することを考えたときの、可能な選択電極の本数であるデューティ比に影響があり、ツイスト角が大きいほどデューティ比が小さくでき、選択本数を増やすことができ、画素数を増やすことができる。本発明の第3の実施の形態では、ツイスト角を $200^\circ\sim 260^\circ$ とすることで、デューティ比1/2以下で駆動しても良好な特性が得られることを確認した。

【0046】また、 $\Delta n_{E1}\sim d_{E1}$ を $0.8\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$ としてツイスト角を $240^\circ\sim 260^\circ$ としたときには、デューティ比1/2以下で駆動できることを確認した。そして、 $R_{E1E2}(1)$ が $0.3\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$ を満たし、 $R_{E1E2}(2)$ が $0.5\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$ を満たしているとき、特に、オフ電圧印加時の黒の反射率を低くすることができることを確認できた。

【0047】ここで特に、 $\Delta n_{E1}\sim d_{E1}=1.000\mu\text{m}$ 、 $R_{E1E2}(1)=0.350\mu\text{m}$ 、 $R_{E1E2}(2)=0.500\mu\text{m}$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}=35^\circ$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}=35^\circ$ 、 $\Omega_{E1}=250^\circ$ 、 $\phi_{E1}=125^\circ$ 、 $\phi_{E2}=170^\circ$ 、 $\phi_{E1}=125^\circ$ としたときの光学特性を測定した結果を示すことにする。このとき、 $\Delta(R)=(R_{E1E2}(1)+R_{E1E2}(2))\Delta n_{E1}\sim d_{E1}=0.150\mu\text{m}$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}=90^\circ$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}=45^\circ$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}=45^\circ$ であって上記で確認した条件を満たしている。

【0048】1/2以下デューティ比での正面特性を測定した結果、コントラスト7、白のY値換算での反射率が14.2%であった。また、黒から白まで無彩色で変化するので、16階調1096色の表示が可能であることも確認できた。また、以上の構成で、カラーフィルタ層34を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト7、白のY値換算での反射率30.9%が得られた。

【0049】なお、本実施の形態では、高分子フィルムとしてポリカーボネートを用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、ポリアリレートや

ポリスルホンを用いても同様の効果を得ることができることを確認した。また、本実施の形態では、反射電極として銀を構成要素として含む金属反射電極を用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、アルミニウムを構成要素として含む金属反射電極などを用いても同様の効果を得ることができる。

【0050】実施の形態4、第4の実施の形態の反射型液晶表示素子は、作製および構造は第3の実施の形態と共通であるので、第3の実施の形態で用いた図3の反射型液晶表示素子の断面図および図4の反射型液晶表示素子の光学構成図を用いて説明する。 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}=35^\circ$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}=250^\circ$ 、 $\phi_{E1}=105^\circ$ 、 $\phi_{E2}=165^\circ$ 、 $\phi_{E1}=145^\circ$ とし、 $\Delta(R)=(R_{E1E2}(1)+R_{E1E2}(2))\Delta n_{E1}\sim d_{E1}$ を $0.45\mu\text{m}$ を満たすようにしながら、 $\Delta n_{E1}\sim d_{E1}$ を変化させて反射モードで光学特性を測定すると、 $0.6\mu\text{m}\sim 1.2\mu\text{m}$ の範囲で、反射率が低くて無彩色の黒と反射率が高くて無彩色の白を得ることができる。ノーマリーブラークモードの反射型液晶表示素子を実現できた。これは、白と黒が充分とれるだけの液晶の複屈折差が揃って、すなわち、液晶の複屈折による色付きを補償できる範囲であることによる。

【0051】また、 $\Delta(R)$ を $0.1\mu\text{m}\sim 0.5\mu\text{m}$ を満たしているとき、黒表示から白表示へと電圧を印加していったとき、表示の色が実用上で無彩色の範囲内で変化することが確認できた。これは、 $\Delta(R)$ を $0.4\mu\text{m}\sim 0.5\mu\text{m}$ とし、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}$ を $70^\circ\pm 20^\circ$ 、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}$ を $60^\circ\pm 20^\circ$ にすることで、白から黒への変化の間、特に、オフ電圧印加時の黒表示のときの液晶層の複屈折による着色を解消できることによる。これにより、反射率の低い無彩色の黒表示と反射率の高い無彩色の白表示のコントラストの高い反射型液晶表示素子を実現できる。

【0052】また、 $\phi_{E1}\sim\phi_{E2}$ を $-20^\circ\pm 20^\circ$ としているので、複屈折を最大の効率に近いところで用いることができ、光利用率を高くすることができている。液晶のツイスト角は、単純マトリクスで駆動することを考えたときの、可能な選択電極の本数であるデューティ比に影響があり、ツイスト角が大きいほどデューティ比が小さくでき、選択本数を増やすことができ、画素数を増やすことができる。本発明の第3の実施の形態では、ツイスト角を $200^\circ\sim 260^\circ$ とすることで、デューティ比1/2以下で駆動しても良好な特性が得られることを確認した。

【0053】また、 $\Delta n_{E1}\sim d_{E1}$ を $0.8\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$ としてツイスト角を $240^\circ\sim 260^\circ$ としたときには、デューティ比1/2以下で駆動できることを確認した。そして、 $R_{E1E2}(1)$ が $0.75\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$ を満たし、 $R_{E1E2}(2)$ が $0.6\mu\text{m}\sim 0.1\mu\text{m}$ を満たしているとき、特に、オフ電圧印加時の黒の反射

率を低くすることができることが確認できた。

【0054】ここで特に $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.960 \mu m$ 、 $R_{F115}(1) = 0.800 \mu m$ 、 $R_{F115}(2) = 0.610 \mu m$ 、 $\phi_{LC} = -3.5^\circ$ 、 $\phi_1 = 3.5^\circ$ 、 $\Omega_{LC} = 2.50^\circ$ 、 $\phi_{F1} = 10.5^\circ$ 、 $\phi_{F2} = 16.5^\circ$ 、 $\phi_F = 14.5^\circ$ としたときの光学特性を測定した結果を示すことにする。このとき、 $\Delta(R) = (R_{F115}(1) + R_{F115}(2)) - \Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.450 \mu m$ 、 $\phi_{F1} - \phi_{LC} = 7.0^\circ$ 、 $\phi_{F2} - \phi_{LC} = 6.0^\circ$ 、 $\phi_F - \phi_{LC} = -2.0^\circ$ であって上記で確認した条件を満たしている。

【0055】1/240デューティ比での正面特性を測定した結果、コントラスト7.4、白のY値換算での反射率が15.3%であった。また、黒から白まで無彩色で変化するので、16階調4096色の表示が可能であることも確認できた。また、以上の構成でカラーフィルタ層34を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト7.4、白のY値換算での反射率31.8%が得られた。

【0056】なお、本実施の形態では、高分子フィルムとしてポリカーボネートを用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、ポリアリレートやポリスルフォンを用いても同様の効果を得ることができると確認した。また、本実施の形態では、反射電極として銀を構成要素として含む金属反射電極を用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、アルミニウムを構成要素として含む金属反射電極などを用いても同様の効果を得ることができると確認した。

【0057】(実施の形態5) 第5の実施の形態の反射型液晶表示素子は、作製および構造は第3の実施の形態と共通であるので、第3の実施の形態で用いた図3の反射型液晶表示素子の断面図および図1の反射型液晶表示素子の光学構成図を用いて説明する。 $\phi_{LC} = -3.5^\circ$ 、 $\phi_{F1} = 3.5^\circ$ 、 $\Omega_{LC} = 2.50^\circ$ 、 $\phi_{F2} = 18.0^\circ$ 、 $\phi_F = 6.0^\circ$ 、 $\phi_F = 1.5^\circ$ および 10.5° とし、 $\Delta(R) = (R_{F115}(1) + R_{F115}(2)) - \Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を0.2 μm を満たすようにしながら、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を変化させて反射モードで光学特性を測定すると、0.6 $\mu m \sim 1.2 \mu m$ の範囲で、反射率が低くて無彩色の黒と反射率が高くて無彩色の白を得ることができ、ノーマリーブラックモードの反射型液晶表示素子を実現できた。これは、白と黒が充分とれるだけの液晶の複屈折差があって、なおかつ、液晶の複屈折による色付きを補償できる範囲であることによる。

【0058】また、 $\Delta(R)$ を0.15 $\mu m \sim 0.3 \mu m$ を満たしていると、黒表示から白表示へと電圧を印加していったとき、表示の色が実用上で無彩色の範囲内で変化することが確認できた。これは、 $\Delta(R)$ を0.15 $\mu m \sim 0.3 \mu m$ とし、 $\phi_{F1} - \phi_{LC}$ を14.5°と2.0°、 $\phi_{F2} - \phi_{LC}$ を-12.0°と0.0°にすることで、白から黒への変化の間、特に、オフ電圧印加時の黒表示のとき

の、液晶層の複屈折による着色を解消できることによる。これにより、反射率の低い無彩色の黒表示と反射率の高い無彩色の白表示のコントラストの高い反射型液晶表示素子を実現できる。

【0059】また、 $\phi_{F1} - \phi_{LC}$ を-4.5°と2.0°としているので、複屈折を最大の効率に近いところで用いることができ、光利用率を高くすることができている。液晶のツイスト角は、単純マトリクスで駆動することを考えたときの、可能な選択電極の本数であるデューティ比に影響があり、ツイスト角が大きいほどデューティ比が小さくでき、選択本数を増やすことができ、画素数を増やすことができる。本発明の第3の実施の形態では、ツイスト角を22.0°～24.0°とすることで、デューティ比1/200以下で駆動しても良好な特性が得られることを確認した。

【0060】また、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を0.8 $\mu m \sim 1.1 \mu m$ としてツイスト角を24.0°～26.0°としたときには、デューティ比1/240以下で駆動できることを確認した。そして、 $R_{F115}(1)$ が0.3 $\mu m \sim 0.1 \mu m$ を満たし、 $R_{F115}(2)$ が0.75 $\mu m \sim 0.1 \mu m$ を満たしているとき、特に、オフ電圧印加時の黒の反射率を低くすることができると確認できた。

【0061】ここで特に $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.800 \mu m$ 、 $R_{F115}(1) = 0.310 \mu m$ 、 $R_{F115}(2) = 0.760 \mu m$ 、 $\phi_{LC} = -3.5^\circ$ 、 $\phi_1 = 3.5^\circ$ 、 $\Omega_{LC} = 2.50^\circ$ 、 $\phi_{F1} = 18.0^\circ$ 、 $\phi_{F2} = 7.5^\circ$ 、 $\phi_F = 2.5^\circ$ としたときの光学特性を測定した結果を示すことにする。このとき、 $\Delta(R) = (R_{F115}(1) + R_{F115}(2)) - \Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.210 \mu m$ 、 $\phi_{F1} - \phi_{LC} = 14.5^\circ$ 、 $\phi_{F2} - \phi_{LC} = 10.5^\circ$ 、 $\phi_F - \phi_{LC} = 5.0^\circ$ であって上記で確認した条件を満たしている。

【0062】1/240デューティ比での正面特性を測定した結果、コントラスト7.3、白のY値換算での反射率が14.8%であった。また、黒から白まで無彩色で変化するので、16階調4096色の表示が可能であることも確認できた。また、以上の構成でカラーフィルタ層34を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト7.2、白のY値換算での反射率30.7%得られた。

【0063】なお、本実施の形態では、高分子フィルムとしてポリカーボネートを用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、ポリアリレートやポリスルフォンを用いても同様の効果を得ることができると確認した。また、本実施の形態では、反射電極として銀を構成要素として含む金属反射電極を用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、アルミニウムを構成要素として含む金属反射電極などを用いても同様の効果を得ることができると確認した。

【0064】(実施の形態6) 第6の実施の形態の反射型液晶表示素子は、作製および構造は第3の実施の形態

と共通であるので、第3の実施の形態で用いた図3の反射型液晶表示素子の断面図および図4の反射型液晶表示素子の光学構成図を用いて説明する。 $\phi_{12} = -35^\circ$ 、 $\phi_{13} = 35^\circ$ 、 $\Omega_{12} = 250^\circ$ 、 $\phi_{11} = 125^\circ$ 、 $\phi_{14} = 80^\circ$ 、 $\phi_{15} = 140^\circ$ とし、 $\Delta(R) = (R_{F_{112}}(1) + R_{F_{112}}(2)) - \Delta n_{12} \cdot d_{12}$ を $0.1 \mu\text{m}$ を満たすようにしながら、 $\Delta n_{12} \cdot d_{12}$ を変化させて反射モードで光学特性を測定すると、 $0.6 \mu\text{m} \sim 1.2 \mu\text{m}$ の範囲で、反射率が低くて無彩色の黒と反射率が高くて無彩色の白を得ることができるノーマリーブランクモードの反射型液晶表示素子が実現できた。これは、白と黒が充分とれるだけの液晶の複屈折差があって、なおかつ、液晶の複屈折による色付きを補償できる範囲であることによる。

【0065】また、 $\Delta(R)$ を $0.05 \mu\text{m} \sim 0.15 \mu\text{m}$ を満たしていると、黒表示から白表示へと電圧を印加していったとき、表示の色が実用上で無彩色の範囲内で変化することが確認できた。これは、 $\Delta(R)$ を $0.05 \mu\text{m} \sim 0.15 \mu\text{m}$ とし、 $\phi_{11} - \phi_{12}$ を $90^\circ \pm 20^\circ$ 、 $\phi_{12} - \phi_{13}$ を $-45^\circ \pm 20^\circ$ にすることで、白から黒への変化の間、特に、オフ電圧印加時の黒表示のとき、液晶層の複屈折による着色を解消できることによる。これにより、反射率の低い無彩色の黒表示と反射率の高い無彩色の白表示のコントラストの高い反射型液晶表示素子を実現できる。

【0066】また、 $\phi_{11} - \phi_{12}$ を $60^\circ \pm 20^\circ$ としているので、複屈折を最大の効率に近いところで用いることができ、光利用率を高くすることができている。液晶ツイスト角は、単純マトリクスで駆動することを考えたときの、可能な選択電極の本数であるデューティ比に影響があり、ツイスト角が大きいIとデューティ比が小さくでき、選択本数を増やすことができ、画素数を増やすことができる。本発明の第3の実施の形態では、ツイスト角を $20^\circ \sim 260^\circ$ とすることで、デューティ比1/200以下で駆動しても良好な特性が得られることを確認した。

【0067】また、 $\Delta n_{12} \cdot d_{12}$ を $0.8 \mu\text{m} \sim 1.1 \mu\text{m}$ としてツイスト角を $240^\circ \sim 260^\circ$ としたときには、デューティ比1/240以下で駆動できることを確認した。そして、 $R_{F_{112}}(1)$ が $0.6 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ を満たし、 $R_{F_{112}}(2)$ が $0.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ を満たしているとき、特に、オフ電圧印加時の黒の反射率を低くすることができることが確認できた。

【0068】ここで特に、 $\Delta n_{12} \cdot d_{12} = 0.910 \mu\text{m}$ 、 $R_{F_{112}}(1) = 0.560 \mu\text{m}$ 、 $R_{F_{112}}(2) = 0.460 \mu\text{m}$ 、 $\phi_{11} = 35^\circ$ 、 $\phi_{12} = 35^\circ$ 、 $\Omega_{12} = 250^\circ$ 、 $\phi_{11} = 125^\circ$ 、 $\phi_{12} = 80^\circ$ 、 $\phi_{13} = 140^\circ$ としたときの光学特性を測定した結果を示すことにする。このとき、 $\Delta(R) = (R_{F_{112}}(1) + R_{F_{112}}(2)) - \Delta n_{12} \cdot d_{12} = 0.110 \mu\text{m}$ 、 $\phi_{11} - \phi_{12} = 90^\circ$ 、 $\phi_{12} - \phi_{13} = -45^\circ$ 、 $\phi_{11} - \phi_{13} = 60^\circ$ であって上記で確認した条件を満たしている。

【0069】1/240デューティ比での正面特性を測定した結果、コントラスト7、1、白のY値換算での反射率が14.0%であった。また、黒から白まで無彩色で変化するので、16階調4096色の表示が可能であることも確認できた。また、11上の構成で、カラーフィル層34を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト7、4、白のY値換算での反射率30.8%であった。

【0070】なお、本実施の形態では、高分子フィルムとしてポリカーボネートを用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、ポリマレートをポリスルホンを用いても同様の効果を得ることができることを確認した。また、本実施の形態では、反射電極として銀を構成要素として含む金属反射電極を用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、アルミニウムを構成要素として含む金属反射電極などを用いても同様の効果を得ることができる。

【0071】実施の形態7：第7の実施の形態の反射型液晶表示素子は、作製および構造は第3の実施の形態と共通であるので、第3の実施の形態で用いた図3の反射型液晶表示素子の断面図および図4の反射型液晶表示素子の光学構成図を用いて説明する。 $\phi_{12} = -35^\circ$ 、 $\phi_{13} = 35^\circ$ 、 $\Omega_{12} = 250^\circ$ 、 $\phi_{11} = 145^\circ$ 、 $\phi_{14} = 85^\circ$ 、 $\phi_{15} = 20^\circ$ とし、 $\Delta(R) = (R_{F_{112}}(1) + R_{F_{112}}(2)) - \Delta n_{12} \cdot d_{12}$ を $0.35 \mu\text{m}$ を満たすようにしながら、 $\Delta n_{12} \cdot d_{12}$ を変化させて反射モードで光学特性を測定すると、 $0.6 \mu\text{m} \sim 1.2 \mu\text{m}$ の範囲で、反射率が低くて無彩色の黒と反射率が高くて無彩色の白を得ることができるノーマリーブランクモードの反射型液晶表示素子が実現できた。これは、白と黒が充分とれるだけの液晶の複屈折差があって、なおかつ、液晶の複屈折による色付きを補償できる範囲であることによる。

【0072】また、 $\Delta(R)$ を $0.3 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ を満たしていると、黒表示から白表示へと電圧を印加していったとき、表示の色が実用上で無彩色の範囲内で変化することが確認できた。これは、 $\Delta(R)$ を $0.3 \mu\text{m} \sim 0.4 \mu\text{m}$ とし、 $\phi_{11} - \phi_{12}$ を $110^\circ \pm 20^\circ$ 、 $\phi_{12} - \phi_{13}$ を $-60^\circ \pm 20^\circ$ にすることで、白から黒への変化の間、特に、オフ電圧印加時の黒表示のとき、液晶層の複屈折による着色を解消できることによる。これにより、反射率の低い無彩色の黒表示と反射率の高い無彩色の白表示のコントラストの高い反射型液晶表示素子を実現できる。

【0073】また、 $\phi_{11} - \phi_{12}$ を $(-45^\circ \sim 20^\circ) \pm 20^\circ$ 、すなわち、 $25^\circ \pm 20^\circ$ または $-65^\circ \pm 20^\circ$ としているので、複屈折を最大の効率に近いところで用いることができ、光利用率を高くすることができ、

きている。液晶のツイスト角は、単純マトリクスで駆動することを考えたとき、可能な選択電極の本数であるデューティ比に影響があり、ツイスト角が大きいほどデューティ比が小さくでき、選択本数を増やすことができ、画素数を増やすことができる。本発明の第3の実施の形態では、ツイスト角を $220^\circ \sim 260^\circ$ とすることで、デューティ比 $1/200$ 以下で駆動しても良好な特性が得られることを確認した。

【0074】また、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.910 \mu m$ 、 $1 \mu m$ としてツイスト角を $240^\circ \sim 260^\circ$ としたときには、デューティ比 $1/240$ 以下で駆動できることを確認した。そして、 $R_{F112}(1)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たし、 $R_{F112}(2)$ が $0.7 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たしているとき、特に、オフ電圧印加時の黒の反射率を低くすることができることが確認できた。

【0075】ここで特に、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.910 \mu m$ 、 $R_{F112}(1) = 0.550 \mu m$ 、 $R_{F112}(2) = 0.720 \mu m$ 、 $\phi_{F112} = 35^\circ$ 、 $\phi_{F112} = 35^\circ$ 、 $\Omega_F = 250^\circ$ 、 $\phi_F = 145^\circ$ 、 $\phi_F = 85^\circ$ 、 $\phi_F = 20^\circ$ としたときの光学特性を測定した結果を示すことにする。このとき、 $\Delta(R) = (R_{F112}(1) + R_{F112}(2)) - \Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.360 \mu m$ 、 $\phi_F = \phi_{F112} = 110^\circ$ 、 $\phi_{F112} = \phi_{F112} = 60^\circ$ 、 $\phi_F = \phi_{F112} = 65^\circ$ であって上記で確認した条件を満たしている。

【0076】 $1/240$ デューティ比での正面特性を測定した結果（コントラスト7、1）白のY値換算での反射率が14～7割であった。また、黒から白まで無彩色で変化するのに、16階調4096色の表示が可能であることも確認できた。また、以上の構成でカラーフィルム層34を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト7、3（白のY値換算での反射率31～2割）が得られた。

【0077】なお、本実施の形態では、高分子フィルムとしてポリカーボネートを用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、ポリアクリレートやポリスルフォンを用いても同様の効果を得ることができることを確認した。また、本実施の形態では、反射電極として銀を構成要素として含む金属反射電極を用いたが、発明の効果はそれに限定されるものではなく、例えば、アルミニウムを構成要素として含む金属反射電極などを用いても同様の効果を得ることができる。

【0078】（実施の形態8）第8の実施の形態の反射型液晶表示素子は、作製および構造は第3の実施の形態と共通であるので、第3の実施の形態で用いた図3の反射型液晶表示素子の断面図および図1の反射型液晶表示素子の光学構成図、および、図5を用いて説明する。

【0079】図5(a)は前方散乱フィルム1枚を横から見たときの散乱方向を示す概略図である。50は前方散乱フィルム、51は入射光の方向、52は散乱範囲を示す角、53は散乱角の二等分線方向、54は散乱角の

二等分線方向の散乱フィルムへの射影方向を示す。図5(b)は前方散乱フィルム1枚を用いた散乱フィルム層を上から見たときの散乱方向を示す概略図である。55は散乱角の二等分線方向の散乱フィルムへの射影方向を示す。

【0080】図5(c)は前方散乱フィルム3枚を用いた散乱フィルム層を上から見たときの散乱方向を示す概略図である。56、57、58は散乱角の二等分線方向の散乱フィルムへの射影方向を示す。本実施の形態では、第3の実施の形態の構成のうちで、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 1.000 \mu m$ 、 $R_{F112}(1) = 0.350 \mu m$ 、 $R_{F112}(2) = 0.500 \mu m$ 、 $\phi_{F112} = 35^\circ$ 、 $\phi_{F112} = 35^\circ$ 、 $\Omega_F = 250^\circ$ 、 $\phi_F = 125^\circ$ 、 $\phi_F = 170^\circ$ 、 $\phi_F = 125^\circ$ とした。

【0081】第3の実施の形態では、散乱フィルム層32として、前方散乱フィルムで散乱方向がフィルム法線から測って0度から50度のものを、その散乱角度の二等分線のフィルムへの射影方向が50度となるようにし、残り2枚は散乱方向がフィルム法線から測って10度から60度のものを、その散乱角度の二等分線のフィルムへの射影方向がそれぞれ57および58となるように貼付したものをを用いた。

【0082】このようにすることで、集光効率が高くなり、特性の視角変化も自然で視角依存性の少ないものとなり、良好となった。なお、ここでは、前方散乱フィルムを1枚もしくは3枚用いたが、2枚や1枚あるいはそれ以上の枚数の構成でも、散乱角度の二等分線のフィルムへの射影方向がすべて異なる方向であり、特に、2枚もしくは3枚もしくは4枚用いた場合には、散乱角度の二等分線のフィルムへの射影方向が直交あるいは反平行方向であれば、同様な効果を得ることができる。

【0083】（実施の形態9）第9の実施の形態の反射型液晶表示素子は、作製および構造は第3の実施の形態と共通であるので、第3の実施の形態で用いた図3の反射型液晶表示素子の断面図および図4の反射型液晶表示素子の光学構成図、および、図6を用いて説明する。

【0084】図6(a)は右方向の視角変化に対するオフ電圧印加時の黒の反射率変化を示す特性図である。図6(b)は上方向の視角変化に対するオフ電圧印加時の黒の反射率変化を示す特性図である。本実施の形態では、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC} = 0.910 \mu m$ 、 $R_{F112}(1) = 0.550 \mu m$ 、 $R_{F112}(2) = 0.400 \mu m$ 、 $\phi_{F112} = 35^\circ$ 、 $\phi_{F112} = 35^\circ$ 、 $\Omega_F = 250^\circ$ 、 $\phi_F = 125^\circ$

、 $\phi_{E2}=80^\circ$ 、 $\phi_P=140^\circ$ として、高分子フィルム(1)31bと高分子フィルム(2)31aのZ係数 $Qz(1)$ と $Qz(2)$ をそれぞれ、0、0から1、5まで変化させて視角特性変化を調べた。

【0085】図6(a)と図6(b)を見れば、偏光フィルム30に近い側の高分子フィルム(2)31aが視角特性変化に大きな影響を及ぼしており、 $Qz(2)$ が小さいとき視角依存性の少ない良好な黒の反射率特性が得られることがわかる。また、同じ $Qz(2)$ ならば、 $Qz(1)$ が小さいとき視角依存性の少ない良好な黒の反射率特性が得られることがわかる。

【0086】より詳細に検討すると、 $Qz(2)$ が0、0.3、0.5、0.7を満たしていることで、視角依存性の少ない反射型液晶表示素子を得ることが確認できた。そして、特に、 $Qz(2)$ が0、0.3~0.7を満たしている方がより望ましい視角特性が得られることが確認できた。そして、 $Qz(1)$ としては、0、0.3~0.7を満たしていることがより望ましいことも確認できた。

【0087】(実施の形態10)図7は第10の実施の形態の反射型液晶表示素子の断面図である。70は偏光フィルム、71aは高分子フィルム(2)、71bは高分子フィルム(1)、73は上側透明基板、74はカラーフィルタ層、75a、75bは配向層、76は透明電極、77は液晶層、78は拡散金属反射電極、79は下側基板を示す。

【0088】反射型液晶表示素子の光学構成図としては、第3の実施の形態と同じであるので図4を用いる。上側透明基板73および下側基板74としてガラス基板を用い、上側透明基板73上に、カラーフィルタ層74として顔料分散タイプで赤、緑、青のストライプ配列のものをフォトリソグラフィで形成し、その上に、透明電極76としてインジウム・錫・オキシライドで画素電極を形成した。また、下側基板79上には、チタンを300nm蒸着した上に銀を200nm蒸着したものの上をYAGレーザーで表面形状を凹凸化して拡散金属反射電極78を形成した。

【0089】透明電極76および金属反射電極78上には、ポリイミドのN-メチル-2-ヒロリジンの5wt%溶液を印刷し、200℃で硬化したのち、所定のツイスト角を実現するようにレーヨシ布を用いた回転ラビング法による配向処理を行うことで配向層75a、75bを形成した。そして、上側透明基板73上の周辺部には所定の径のガラスファイバーを1、0wt%混入した熱硬化性エポキシ樹脂を印刷し、下側基板79上には所定の径の樹脂ビーズを200個/mmの割合で散布し、上側透明基板73と下側基板79を互いに貼り合わせ、150℃でエポキシ樹脂を硬化した後、 $\Delta n_{E2}=0、13$ のエステル系ネマティック液晶に所定の量のカイラル液晶を混ぜた液晶を真空注入し、紫外線硬化性樹脂で封止した後、紫外線光により硬化した。

【0090】こうして形成された液晶セルの上側透明基板73の上に、高分子フィルム(1)71bと高分子フィルム(2)71aとしてポリカーボネートを異相軸がそれぞれ所定の角度となるように貼付し、さらに、偏光フィルム70としてニュートラルグレーの偏光フィルムにアチブレア(AG)処理を施したものを、吸収軸の方向が所定の角度をなすように貼付した。

【0091】本実施の形態では、 $\Delta n_{E2}=1.3$ 、 $d_E=0、10\mu m$ 、 $R_{E2}(1)=0、560\mu m$ 、 $R_{E2}(2)=0、460\mu m$ 、 $\phi_{E1}=35^\circ$ 、 $\phi_{E2}=35^\circ$ 、 $\phi_{E3}=250^\circ$ 、 $\phi_P=125^\circ$ 、 $\phi_{E2}=80^\circ$ 、 $\phi_P=140^\circ$ とした。散乱フィルムではなく、拡散反射タイプの金属反射電極を用いても、視角特性変化の自然な反射型液晶表示素子を得られることが確認できた。

【0092】正面特性を測定すると、コントラスト70、白のY値換算の反射率13、8%が得られた。また、以上の構成で、カラーフィルタ層74を除いた反射型液晶表示素子を作製したところ、正面特性で、コントラスト7、1、白のY値換算の反射率29、8%が得られた。

【0093】なお、本実施の形態では、拡散反射タイプの金属反射電極として、YAGレーザーで凹凸をつけた銀を構成要素として含む金属電極を用いたが、発明の効果は、それに限定されるものではなく、拡散反射タイプの金属反射板、例えば、シリコンの微粒子を表面に分散して拡散効果を付与した金属反射電極などでも同様の発明効果を得られる。

【0094】(実施の形態11)図8は第11の実施の形態の反射型液晶表示素子の断面図である。80は偏光フィルム、81aは高分子フィルム(2)、81bは高分子フィルム(1)、83は上側透明基板、84はカラーフィルタ層、85a、85bは配向層、86は透明電極、87は液晶層、88は透明電極、89は下側透明基板、90は拡散反射板を示す。

【0095】反射型液晶表示素子の光学構成図としては、第3の実施の形態と同じであるので図4を用いる。上側透明基板83および下側透明基板84としてガラス基板を用い、上側透明基板83上に、カラーフィルタ層84として顔料分散タイプで赤、緑、青のストライプ配列のものをフォトリソグラフィで形成した。そして、カラーフィルタ層84および下側透明基板89の上に、透明電極86および88としてインジウム・錫・オキシライドで画素電極を形成した。

【0096】透明電極86および88上には、ポリイミドのN-メチル-2-ヒロリジンの5wt%溶液を印刷し、200℃で硬化したのち、所定のツイスト角を実現するようにレーヨシ布を用いた回転ラビング法による配向処理を行うことで配向層85a、85bを形成した。そして、上側透明基板83上の周辺部には所定の径のガラスファイバーを1、0wt%混入した熱硬化性エ

ール樹脂を印刷し、下側透明基板89上には所定の径の樹脂ビーズを200個/mm²の割合で散布し、上側透明基板83と下側透明基板89を互いに貼り合わせ、150℃でシール樹脂を硬化した後、 $\Delta n_{LC}=0.13$ のエステル系ネマティック液晶に所定の量のカイラル液晶を混ぜた液晶を真空注入し、紫外線硬化性樹脂で封した後、紫外線光により硬化した。

【01097】こうして形成された液晶セルの上側透明基板83の上に、高分子フィルム(1)81bと高分子フィルム(2)81aとしてポリカーボネートを遅相軸がそれぞれ所定の角度となるように貼付し、さらに、偏光フィルム80としてニュートラルグレーの偏光フィルムにアンチグレア(AG)処理を施したものを、吸収軸の方向が所定の角度をなすように貼付した。

【01098】そして、下側透明基板89の下には、拡散反射板90として銀の拡散反射板を設置した。本実施の形態では、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}=0.910 \mu\text{m}$ 、 $R_{F11}(1)=0.560 \mu\text{m}$ 、 $R_{F11}(2)=0.460 \mu\text{m}$ 、 $\phi_{F1}=35^\circ$ 、 $\phi_{F2}=35^\circ$ 、 $\phi_{F3}=250^\circ$ 、 $\phi_{F4}=125^\circ$ 、 $\phi_{F5}=80^\circ$ 、 $\phi_{F6}=140^\circ$ とした。

【01099】このように上下基板を透明基板・透明電極として、下側に拡散反射板を用いたとき、視差の影響による画像ボケが多少現れたが、視角特性変化の自然な反射型液晶表示素子を得られることが確認できた。正面特性を測定すると、コントラスト6.8、白のY値換算の反射率13.0%が得られた。

【01100】また、以上の構成で、カラーフィルタ層31を除いた反射型液晶表示素子を作製したとき、正面特性で、コントラスト6.9、白のY値換算での反射率2.8%が得られた。また、拡散反射板90を下側透明基板89の下に設置する際に、完全に粘着剤で接着せず、間に空気層を入れることで、樹脂の屈折率の約1.6と空気屈折率1.0との差によって起こる拡散効果の拡大により、より自然な視角特性を得られることが確認できた。

【01101】なお、本実施の形態では、拡散反射板として銀を用いたが、アルミニウムの反射板でも同様の発明効果を得られることを確認した。

【01102】

【発明の効果】以上述べたように本発明の反射型液晶表示素子で以下に述べる効果を得ることができる。上側より、偏光フィルム、0枚または1枚もしくは複数枚よりなる高分子フィルム、1枚もしくは複数枚よりなる散乱フィルム、透明基板・カラーフィルタ・透明電極、配向層、液晶層、配向層、鏡面反射タイプの金属反射電極、基板、という構成、または、上側より、偏光フィルム、0枚もしくは複数枚よりなる散乱フィルム、0枚または1枚もしくは複数枚よりなる高分子フィルム、透明基板、カラーフィルタ・透明電極、配向層、液晶層、配向層、鏡面反射タイプの金属反射電極、基板、という構成

とすることにより、散乱フィルムで、視角依存性が小さくなり、かつ外部光を幅広く集めることができて明るくすることができる。また、散乱フィルムを液晶セルに近いところに備えることで、パネル視差に基づく画像ぼけを防ぐことができる。

【01103】上側基板として内側にカラーフィルタとその上に透明電極が形成されその上に配向層が形成された透明基板を用い、下側基板として金属反射電極が形成されその上に配向層が形成された基板を用い、その一方の基板を内側が配向層となるように対向させ、その一方の基板間にネマティック液晶を封入した液晶セルと、上記液晶セルの上側基板の外に配置された1枚の高分子フィルムと、上記高分子フィルムの外側に配置された偏光フィルムとからなり、上記ネマティック液晶のノイスト角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、上記ネマティック液晶の複屈折 Δn_{LC} と液晶層厚 d_{LC} の積 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu\text{m}$ とし、上記2枚の高分子フィルムを液晶セルに近い側から1、2と番号付けたときの各フィルムの面内の異常屈折率を $n_a(i)$ ($i=1,2$)、常屈折率を $n_o(i)$ ($i=1,2$)、フィルム厚を $d_{F11}(i)$ ($i=1,2$)としたときのフィルムのリターテーション $R_{F11}(i)=(n_a(i)-n_o(i)) \cdot d_{F11}(i)$ ($i=1,2$)を用いて定義される複屈折差 $\Delta(R)=(R_{F11}(1)+R_{F11}(2))/(\Delta n_{LC} \cdot d_{LC})$ が $0.1 \mu\text{m} \sim 0.2 \mu\text{m}$ を満たしており、さらには上側基板側から見て、液晶のノイスト方向を正として水平方向を基準として角度を測定し、上側透明基板との液晶分子の方向を ϕ_{LC} 、液晶セル側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F1} 、上側偏光フィルム側の高分子フィルムの遅相軸の方向すなわち異常屈折率の方向を ϕ_{F2} 、上側偏光フィルムの吸収軸方向を ϕ_p としたときに、 $\phi_{F1}-\phi_{LC}$ が $90^\circ \sim 270^\circ$ を満たし、 $\phi_{F2}-\phi_{LC}$ が $45^\circ \sim 225^\circ$ を満たし、 $\phi_{F3}-\phi_{F4}$ が $-45^\circ \sim 225^\circ$ を満たしている構成、特に、 $R_{F11}(1)$ が $0.3 \mu\text{m} \sim 0.1 \mu\text{m}$ を満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.5 \mu\text{m} \sim 0.1 \mu\text{m}$ を満たしている構成をとることで、充分に反射率の低い無彩色な黒表示および反射率の高い無彩色な白表示を得て、コントラストの高い反射型液晶表示素子を得ることができる。

【01104】また、ネマティック液晶のノイスト角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、 $\Delta n_{LC} \cdot d_{LC}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu\text{m}$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.4 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ を満たしており、さらには、 $\phi_{F1}-\phi_{LC}$ が $70^\circ \sim 290^\circ$ を満たし、 $\phi_{F2}-\phi_{LC}$ が $60^\circ \sim 240^\circ$ を満たし、 $\phi_{F3}-\phi_{F4}$ が $-20^\circ \sim 220^\circ$ を満たしている構成、特に、 $R_{F11}(1)$ が $0.75 \mu\text{m} \sim 0.1 \mu\text{m}$ を満たし、 $R_{F11}(2)$ が $0.6 \mu\text{m} \sim 0.1 \mu\text{m}$ を満たしている構成をとることで、充分に反射率の低い無彩色な黒表示および反射率の高い無彩色な白表示を得て、コントラストの高い反射型液晶表示素子を得ることができる。

【01105】また、ネマティック液晶のノイスト角度を

$220^\circ \sim 260^\circ$ とし、 $\Delta n_{TE} \cdot d_{TE}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.15 \mu m \sim 0.3 \mu m$ を満たしており、さらには、 $\phi_{E1} - \phi_{E2}$ が $145^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{E1} - \phi_{E1}$ が $-120^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{E1} - \phi_{E2}$ が $\pm 45^\circ \pm 20^\circ$ を満たしている構成。特に、 $R_{E1,TE}(1)$ が $0.3 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たし、 $R_{E1,TE}(2)$ が $0.75 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たしている構成をとることで、充分に反射率の低い無彩色な黒表示および反射率の高い無彩色な白表示を得て、コントラストの高い反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0106】また、ネマティック液晶のツイスト角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、 $\Delta n_{TE} \cdot d_{TE}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.05 \mu m \sim 0.15 \mu m$ を満たしており、さらには、 $\phi_{E1} - \phi_{E2}$ が $90^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{E1} - \phi_{E1}$ が $-45^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{E1} - \phi_{E2}$ が $60^\circ \pm 20^\circ$ を満たしている構成。特に、 $R_{E1,TE}(1)$ が $0.6 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たし、 $R_{E1,TE}(2)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たしている構成をとることで、充分に反射率の低い無彩色な黒表示および反射率の高い無彩色な白表示を得て、コントラストの高い反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0107】また、ネマティック液晶のツイスト角度を $220^\circ \sim 260^\circ$ とし、 $\Delta n_{TE} \cdot d_{TE}$ を $0.6 \sim 1.2 \mu m$ とし、 $\Delta(R)$ が $0.3 \mu m \sim 0.4 \mu m$ を満たしており、さらには、 $\phi_{E1} - \phi_{E1}$ が $110^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{E1} - \phi_{E1}$ が $-60^\circ \pm 20^\circ$ を満たし、 $\phi_{E1} - \phi_{E2}$ が $(\pm 45^\circ \pm 20^\circ) \pm 20^\circ$ を満たしている構成。特に、 $R_{E1,TE}(1)$ が $0.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たし、 $R_{E1,TE}(2)$ が $0.7 \mu m \pm 0.1 \mu m$ を満たしている構成をとることで、充分に反射率の低い無彩色な黒表示および反射率の高い無彩色な白表示を得て、コントラストの高い反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0108】以上の構成で、特に、ネマティック液晶のツイスト角度が $240^\circ \sim 260^\circ$ を満たし、 $\Delta n_{TE} \cdot d_{TE}$ が $0.8 \sim 1.1 \mu m$ を満たしているときより、反射率の低い無彩色な黒表示を得ることができ望ましい。以上における高分子フィルムとしては、特に、ポリカーボネート、ポリアリレートまたはポリスルフォンを用いることで、充分に反射率の低い無彩色な黒表示および反射率の高い無彩色な白表示を得て、コントラストの高い反射型液晶表示素子を得ることができ、望ましい。

【0109】また、高分子フィルムを液晶セルに近い側から1、2と番号付けたとき、各フィルム面に垂直な方向の屈折率 $n_z(i)$ ($i=1, 2$)を用いて定義される係数 $Qz(i)$ ($i=1, 2$)は $Qz(i) = (n_z(i) - n_z(1)) / (n_z(i) + n_z(1))$ に対して、 $Qz(2)$ が $0.0 \sim 1.0$ を満たしていることで、視角依存性の少ない反射型液晶表示素子を得ることができ、望ましい。

【0110】そして、特に、 $Qz(2)$ が $0.3 \sim 0.7$ を満たしていることが望ましく、更には、 $Qz(1)$ が $0.3 \sim 0.7$ を満たしていることが望ましい。散乱フィルム

を備えた構成では、全属反射電極がアルミニウムまたは銀を構成要素としてきんでおり、かつ、鏡面反射タイプとすることで、液晶の配向が乱れて特性劣化を生じることなく、視角依存性の少ない自然な視角を有する反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0111】その散乱フィルムとしては、高分子フィルムと液晶セルの間に1枚もしくは複数枚の散乱フィルムを積層しているか、あるいは、偏光フィルムと高分子フィルムの間に1枚もしくは複数枚の散乱フィルムを積層している構成が望ましい。また、その散乱フィルムとしては前方散乱タイプを用いる方が良く、その前方散乱フィルムの散乱範囲がフィルム法線方向に対して非対称である方が、外部光を効率的に集光し、かつ、上面の反射率特性やコントラスト特性が良好となり望ましい。

【0112】そして、その複数枚積層した各散乱フィルムの前方散乱範囲を示す角度の二等分線方向のフィルム面への射影方向が、すべて異なる方向であれば、より多くの方位において自然な視角特性が得られて望ましい。特に、2枚もしくは3枚もしくは4枚積層した前方散乱フィルムを用いて、前方散乱範囲を示す角度の二等分線方向のフィルム面への射影方向が互いに直交しているか、または、反平行方向であれば、自然な視角特性が得られる。

【0113】散乱フィルムを用いない構成では、全属反射電極が拡散反射タイプ、または、鏡面全属反射電極の上に散乱膜を積層したタイプとすることで、自然な視角特性を持つ反射型液晶表示素子を得ることができる。また、同様に、下側基板として透明基板を用い、下側基板の上に反射電極ではなく透明電極を形成し、下側基板の外側にアルミニウムまたは銀を構成要素として含む拡散反射板を備えた構成をとることで、自然な視角特性を持つ反射型液晶表示素子を得ることができる。

【0114】その場合、特に、下側基板の外側に備える拡散反射板と液晶セルの間に空気層が存在していれば、拡散効果が大きく、望ましい。また、上記述べたすべての構成において、カラーフィルタ、あるいは、カラーフィルタ層を除いた構成にすることにより、極めて高い白表示の反射率を得ることができ、明るい白黒表示モードの反射型液晶表示素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の反射型液晶表示素子の断面図

【図2】第2の実施形態の反射型液晶表示素子の断面図

【図3】第3、第9の実施形態の反射型液晶表示素子の断面図

【図4】第3～第11の実施形態の反射型液晶表示素子の光学構成図

【図5】(a)前方散乱フィルム1枚を横から見たときの散乱方向を示す概念図

(b) 前方散乱フィルム1枚を用いた散乱フィルム層を上から見たときの散乱方向を示す概念図

(c) 前方散乱フィルム3枚を用いた散乱フィルム層を上から見たときの散乱方向を示す概念図

【図6】(a) 右方向の視角変化に対するオフ電圧印加時の黒の反射率変化を示す特性図

(b) 上方方向の視角変化に対するオフ電圧印加時の黒の反射率変化を示す特性図

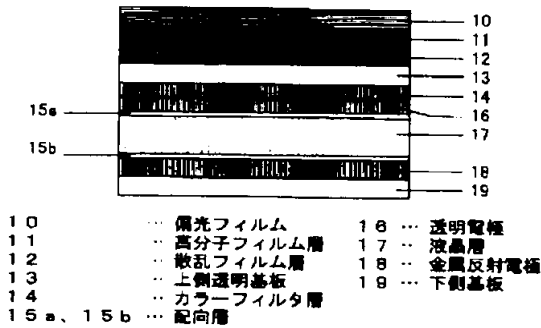
【図7】第10の実施の形態の反射型液晶表示素子の断面図

【図8】第11の実施の形態の反射型液晶表示素子の断面図

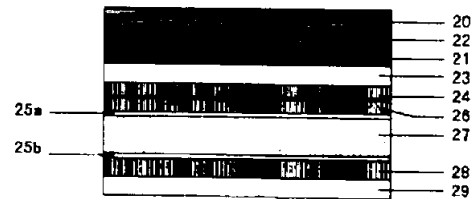
【符号の説明】

- 10 偏光フィルム
- 11 高分子フィルム層
- 12 散乱フィルム層
- 13 上側透明基板
- 14 カラーフィルタ層
- 15a、15b 配向層
- 16 透明電極
- 17 液晶層
- 18 金属反射電極
- 19 下側基板

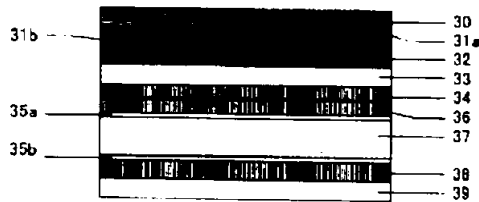
【図1】



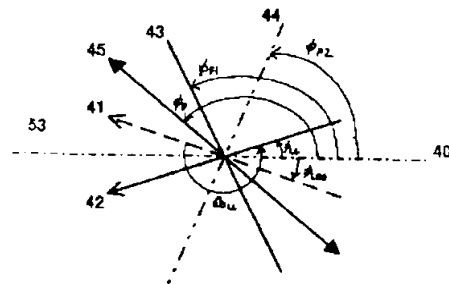
【図2】



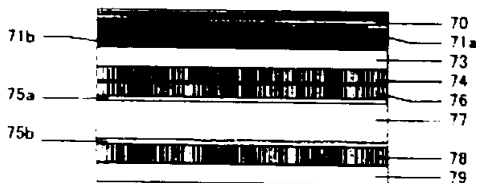
【図3】



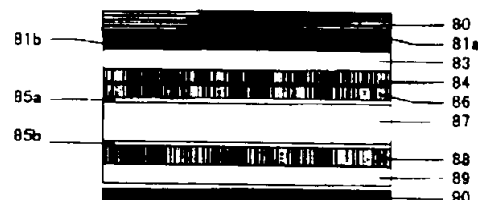
【図4】



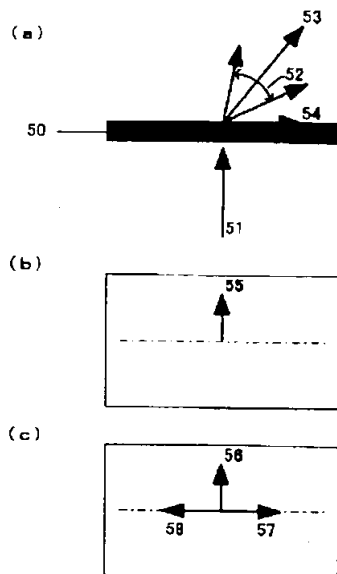
【図7】



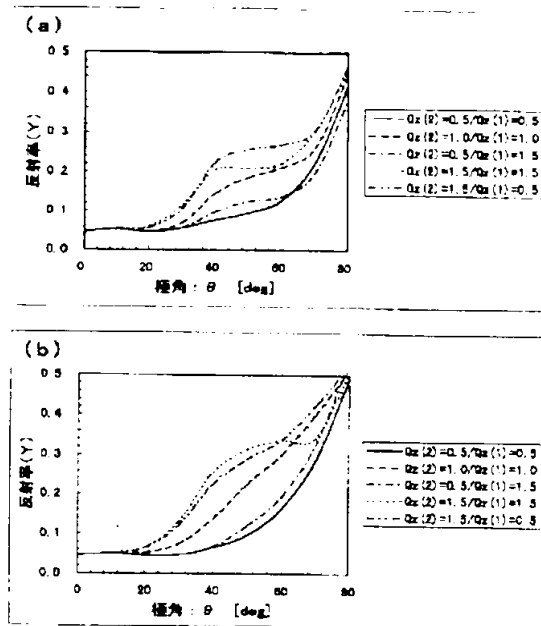
【図8】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 小川 鉄
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内